

ふっ素樹脂製品取扱マニュアル

改訂 10 版

JFLA 日本弗素樹脂工業会

はじめに

ふっ素樹脂は、その多岐にわたる機能と優れた特性により、広く利用され高度情報化社会の発展を支える機能材料として、耐食材料や省エネルギー・省力化など、地球環境の保護に貢献しております。

しかしながら、この多機能なふっ素樹脂も、その取扱いに無関心であっては、他の合成樹脂同様、健康上好ましくない事象も発生することもあります。

その取扱いを正しく理解していただき、事故などの未然防止の必要性を認識していただくため、昭和47年初版以来、新たな知見を基に改訂してまいりました。

今回の改訂は、局所排気や保護具などの高温時取扱い安全性の明確化を中心に、EU規格情報やリサイクル情報を追加いたしました。

ユーザーの皆様には、本マニュアルを参考にいただき、労働衛生や労働環境の確保に、活用していただければ幸いです。

平成29年3月

環境委員会
委員長 田中 義信

目 次

はじめに	1
第1章 ふっ素樹脂製品の基礎知識	3
1. ふっ素樹脂の定義	3
2. ふっ素樹脂の諸性質	3
3. 生産量及び需要動向の推移	5
4. ふっ素樹脂の用途	6
第2章 ふっ素樹脂製品における使用上の注意	7
1. 一般的な使用上の注意	7
1.1 国内法規の適用について	
1.2 保管と火災上の注意	
2. 二次加工上の注意	8
2.1 ライニング加工	
2.2 機械加工	
2.3 金属の溶接とガス切断	
2.4 その他の加工	
3. 熱処理を伴うふっ素樹脂製品の加工上の注意	9
3.1 ふっ素樹脂製品の溶接・融着加工	
3.2 ふっ素樹脂電線端部の熱加工（はんだ付け）	
3.3 ふっ素樹脂製品のレーザ加工	
4. 常温におけるふっ素樹脂製品の安全性	10
4.1 一般的事項	
4.2 食品衛生上の安全性	
4.3 ふっ素樹脂中の重金属等	
5. 廃棄物の処理	11
6. ふっ素樹脂のリサイクル	13
第3章 ふっ素樹脂が使われている調理器具の使用上の注意	14
1. ふっ素樹脂加工の調理器具	14
2. 調理器具の使用上の注意	14
3. 電磁調理器（IHクッキングヒータ）について	14
4. ヒトに対する影響	15
【参考】PFOS、PFOAについて	16
附属資料	
A. 熱分解について	17
B. 換気について	19
C. ふっ素樹脂中の重金属等について	22
D. ふっ素樹脂の重量損失について	23

第1章 ふっ素樹脂製品の基礎知識

1. ふっ素樹脂の定義

ふっ素樹脂とは、分子中にふっ素原子を含む合成高分子のことで、主に表 1.1 に 8 種類を示します。

表 1.1 ふっ素樹脂の種類

番号	名 称	基本構造	略 号	CAS No.
1	ポリテトラフルオロエチレン (四ふっ化エチレン樹脂)	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}_2-$	PTFE	9002 -84-0
2	パーフルオロアルコキシアルカン (四ふっ化エチレンパーフルオロアル キルビニルエーテル共重合樹脂)	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}-\text{CF}_2-$ OR_f	PFA	26656 -00-5
3	パーフルオロエチレンプロペンコポリ マ (四ふっ化エチレン-六ふっ化プロ ピレン共重合樹脂)	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CF}-\text{CF}_2-$ CF_3	FEP	25067 -11-2
4	エチレン-テトラフルオロエチレンコ ポリマ (四ふっ化エチレン-エチレン 共重合樹脂)	$-\text{CF}_2-\text{CF}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	ETFE	68258 -85-5
5	ポリクロロトリフルオロエチレン (三ふっ化塩化エチレン樹脂)	$-\text{CF}_2-\text{CFC1}-\text{CF}_2-\text{CFC1}-$	PCTFE	9002 -83-9
6	エチレン-クロロトリフルオロエチレン コポリマ (三ふっ化塩化エチレン- エチレン共重合樹脂)	$-\text{CF}_2-\text{CFC1}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	ECTFE	110872 -65-6
7	ポリビニリデンフルオライド (ふっ化ビニリデン樹脂)	$-\text{CF}_2-\text{CH}_2-\text{CF}_2-\text{CH}_2-$	PVDF	24937 -79-9
8	ポリビニルフルオライド (ふっ化ビニル樹脂)	$-\text{CHF}-\text{CH}_2-\text{CHF}-\text{CH}_2-$	PVF	24981 -14-4

*名称は、JIS K 6935-1(2006 確認)に基づく。

2. ふっ素樹脂の諸性質

ふっ素樹脂は、他の樹脂に比べて、数多くのユニークな特性を兼備している多機能・高機能樹脂です。(表 1.2 参照)

ふっ素樹脂の種類(タイプ)により諸特性に差がありますが、似た傾向の特長を持っています。したがって、ここでは最も使用量の多い PTFE を中心に主な特長を述べることにします。

- (1) 低摩擦性 : 静摩擦係数<動摩擦係数、Stick-Slip(ビビリ)を生じません。
- (2) 非粘着性 : 水に対する接触角が大きく、接着エネルギーが小さいです。
- (3) 耐熱性 : 高融点、無荷重の連続最高使用温度。(260℃)
- (4) 耐食性 : 酸、アルカリ、溶剤に侵され難いです。
- (5) 難燃性 : 限界酸素指数が極めて高い、UL(米国 Underwriters Laboratories)の燃焼分類で最も自己消火性の優れた 94V-0 に属します。
- (6) 電気特性 : 誘電率が低い、電気絶縁性に優れています。

表1.2 ふっ素樹脂特性一覧表 (代表値)

特性	単位	試験法		PTE	PPA	FEP	PCTFE	ETFE	ECTFE	PVDF	PVF	
		JIS	ASTM									
融点	℃	K 6935	D 4591	327	310	260	220	270	245	151-178	203	
密度	g/cm ³	K 7112	D 792	2.13-2.20	2.12-2.17	2.15-2.17	2.10-2.20	1.73-1.74	1.68-1.69	1.75-1.78	1.38-1.57	
引張強さ	MPa	K 7162	D 638	20-35	25-35	20-30	31-41	38-42	41-48	30-70	(82)	
伸び	%	同	上	200-400	300-350	250-330	80-250	300-400	200-300	20-370	115-250	
圧縮強さ	MPa [10%変形]	K 7181	D 695	10-15	15-20	14-19	31-51	40-50	35-40	32-74	-	
アイソット衝撃強さ	J/m	K 7110	D 256	150-160	破壊せず	破壊せず	135-145	破壊せず	破壊せず	160-375	-	
ロックウェル硬さ	[Rスケール]	K 7202	D 785	R20	R50	R50	R80	R50	R50	R93-116	-	
シヨア硬さ	[Dスケール]	K 7215	D 2240	D50-55	D62-66	D60-65	D75-80	D67-78	D53-57	D64-79	-	
曲げ弾性率	GPa	K 7171	D 790	0.53-0.58	0.54-0.64	0.55-0.67	1.25-1.79	0.90-1.20	0.66-0.69	0.60-1.99	-	
引張弾性率	GPa	K 7161	D 638	0.40-0.60	0.31-0.35	0.32-0.36	1.03-2.10	0.70-0.85	1.55-1.70	0.37-2.58	(1.9)	
動摩擦係数	[0.69MPa, 3m/min]	K 6935	D 1894	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	-	
熱伝導率	W/m·K	A 1412	C 177	0.23	0.19	0.2	0.22	0.24	0.16	0.17	0.14-0.17	
比熱	10 ³ J/kg·K	K 7123		1.0	1.0	1.2	0.9	2.0	2.0	1.2	1.0	
線膨張係数	10 ⁻⁵ /K (-30℃~+30℃)		D 696	10	12	9	6	6	8	16	7.1-7.8	
ポリアルプレシヤ温度	℃	電気用品に用いられる熱可塑性プラスチックのポリアルプレシヤの登録制度に関する報告書準拠										
荷重たわみ温度	℃	K 7191	D 648	55	47	50	90	74	77	100	-	
	[1.81MPa] [0.45MPa]			120	74	72	126	104	116	156	-	
最高使用温度 (連続)	℃	K 7226		260	260	200	120	150	150	150	100	
体積抵抗率	Ω·cm [50%RH, 23℃]	K 6911	IEC 60093	>10 ¹⁸	>10 ¹⁸	>10 ¹⁸	>10 ¹⁸	>10 ¹⁷	>10 ¹⁶	>10 ¹⁵	>10 ¹⁴	
絶縁耐力 (短時間)	MV/m [3.2mm厚]	K 6935	IEC 60243	19	20	22	22	16	20	11	-	
比誘電率	[60Hz]			2.1	2.1	2.1	2.6	2.6	2.6	8.4	8.2-8.5	
	[10 ³ Hz]			2.1	2.1	2.1	2.6	2.6	2.6	7.7	6.2-6.7	
	[10 ⁶ Hz]			2.1	2.1	2.1	2.6	2.6	2.6	6.4	6.2-7.0	
誘電正接	[60Hz]	K 6935	IEC 60250	0.0002	0.0002	0.0002	0.0012	0.0006	0.0005	0.049	-	
	[10 ³ Hz]			0.0002	0.0002	0.0002	0.025	0.0008	0.0015	0.018	0.3	
	[10 ⁶ Hz]			0.0002	0.0003	0.0005	0.020	0.005	0.015	0.017	-	
耐アーク性	sec		D 495	>300	>300	>300	>300	75	18	60	-	
吸水率	% [24hr]	K 7209	D 570	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	<0.5	
維線性	[3.2mm厚]	K 7140	UL-94	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	HB	
限界酸素指数 (LOI)		K 6935	D 2863	>95	>95	>95	>95	32	60	43	23	
直射日光の影響				なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	
耐薬品性				超優秀	超優秀	超優秀	超優秀	優秀	優秀	優秀	良	
酸			D 543	超優秀	超優秀	超優秀	超優秀	優秀	優秀	優秀	良	
アルカリ				超優秀	超優秀	超優秀	超優秀	優秀	優秀	優秀	良	
有機溶剤				超優秀	超優秀	超優秀	超優秀	優秀	優秀	優秀	良	

注：() 内は、試験条件。
 超優秀：ほとんどの薬品、溶剤に過酷な条件下でも侵されない。
 優秀：一部の薬品、溶剤には特定の条件下では使用を留意する必要がある。
 良：一部の薬品、溶剤には特定の条件下では使用を留意する必要がある。

3. 生産量及び需要動向の推移

我が国におけるふっ素樹脂生産量及び需要動向の推移を図 1.1 に示します。

2015 年は、国内生産は 27,610 トンですが、出荷分が 26,552 トン、うち輸出が 20,672 トンです。輸入 7,581 トンを含めて内需は、推定 13,461 トンとなります。

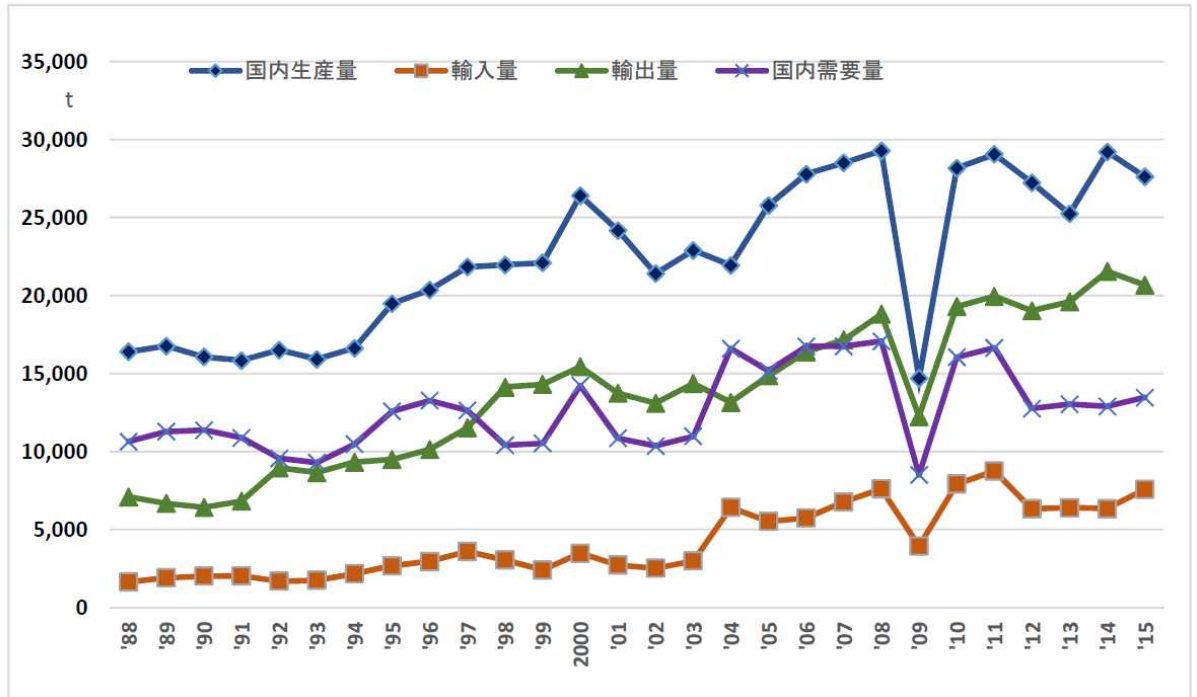


図 1.1 我が国におけるふっ素樹脂生産量及び需要動向の推移

(経済産業省生産動態統計、財務省通関統計)

※国内需要量 = 国内出荷量 - 輸出量 + 輸入量

4. ふっ素樹脂の用途

ふっ素樹脂のユニークな特性を利用した、主な用途分野と使用例を表 1.3 に示します。

表 1.3 主な用途分野と使用例

主な用途分野	具体的使用例
化学工業	配管、継手類、ライニング、バルブ・ポンプ類、塔・槽類 電磁流量計、ホース、ベローズ、パッキン、ガスケット、フィルタ、熱交換器、各種コーティング
半導体・液晶	塔・槽類、薬液搬送用タンク、薬液搬送容器・ボトル、薬液移送ポンプ、チューブ、継手類、配管、フィルタ、ウエハキャリア、各種コーティング
自動車	各種シールリング、燃料ホース、ケーブル、電線及びハーネス、各種コーティング
産業機械	ピストンリング、ベアリング、各種コーティング
電気・電子部品	データ通信ケーブル、耐熱電線、光ファイバ、プリント基板、コネクタ、無給油ベアリング、複写機・プリンタの定着ローラ
衣料等	スポーツウェア、テント、靴
食品	厨房用器具、コンベア、各種食品製造機械
建設・建築	スライディングパッド、テント膜材、各種コーティング
その他	農業用フィルム、実験器具類、電池用バインダ、燃料電池、プラスチック用添加剤、バグフィルタ、医療用器具

また、ふっ素樹脂別の主な用途例を表 1.4 に示します。

表 1.4 ふっ素樹脂別の主な用途例

名称	主な用途
PTFE	モールドイングパウダ（パッキン、ガスケット、バルブシート、軸受け、電気部品） ファインパウダ（ネジシール用生テープ、チューブ、電線被覆） ディスパージョン、エナメル（アラミド繊維、ガラス織布、焼結合金などの多孔質物質に含浸して気密性と潤滑性をもたせ、粘着防止の目的に用いる） 充填材入り（ガラス繊維、カーボン繊維、ブロンズ、グラファイトなどの粉末を PTFE に分散し、PTFE の耐圧縮クリープ特性や耐摩耗性向上のために用いられている。）
PFA	半導体工業分野（ウエハバスケット、継手、チューブなど）、ライニング、電線被覆、フィルム
FEP	電線被覆、フィルム（変圧器の絶縁、栽培室、破裂板のカバー、お菓子の焼型）、ライニング
ETFE	主に電線被覆材、コンピュータの機内配線や原子力発電所の原子炉制御関係のケーブル、離型用フィルム、グリーンハウス用フィルムなど
PVDF	バルブ本体、パイプ・ポンプなどの成形品やライニング、コンピュータ用フックアップワイヤ、航空機、ミサイルの接続電線、工業用制御電線など、マイクロフォン、スピーカの圧電素子、超音波探触子、塗料、釣糸、電池用バインダ、耐候性シート

第2章 ふっ素樹脂製品における使用上の注意

ふっ素樹脂製品は表 1.3 に示しますように、化学、半導体、自動車などのあらゆる分野に使用されています。

製品形態には、フィルム、シート、チューブ、ベルト、射出成形品、建築用膜材、プリント基板、コーティング品、電線、その他成形・加工品など様々な形があります。

素材の加工上、あるいは製品の取扱い、使用上の注意などについて以下に記述します。

1. 一般的な使用上の注意

取扱場所は、禁煙とします。ふっ素樹脂が付着したたばこの喫煙により分解ガス（熱分解生成物）を吸入するおそれがありますので、作業場所へのたばこは、持込禁止とし、取扱後はよく洗顔と手洗いをしましょう。その他の場所においてもふっ素樹脂がたばこに付着しないように注意します。

ふっ素樹脂は、最高使用温度を超えて（表 1.2 ふっ素樹脂特性一覧表参照）使用又は加熱しないでください。もし、そのおそれがあるときは、換気をよくするとともに局所排気装置を設置してください。

1.1 国内法規の適用について

ふっ素樹脂製品の取扱いに関しては国内労働安全衛生法規の適用は受けません。

廃棄に関しては、5. 廃棄物の処理 を参照してください。

1.2 保管と火災上の注意

ふっ素樹脂は自己消火性であり、加熱源が取り除かれれば燃焼は止まりますが、火災が発生して周囲が燃え続ければふっ素樹脂も同様に燃焼し、その結果、分解ガス（熱分解生成物）が発生します。分解ガスは、有毒なものが含まれ、その場合、消火に当たる人達や、風下にいる人達の安全が問題になります。

このため、保管及び火災上の注意については、次の点に留意する必要があります。

- (1) 一般にふっ素樹脂製品を保管する場所は禁煙としペイント、溶剤のような可燃性物質などから離れたところに保管します。
- (2) 万一火災が発生し保管場所へ入っていく場合は、自給式呼吸器及び保護衣を用意します。火災後の清掃手袋は、クロロプレン製のものを使います。
- (3) ふっ素樹脂は化学的に不活性なので、消火剤は全ての種類のものを使用することができます。多量の水を冷却と鎮火の目的で使用してもよいでしょう。
- (4) ふっ素樹脂が高温にさらされた場合は、熱分解生成物を発生しますので、火災の場合には吸入しないように風上の方に避難します。（**附属資料A**参照）

2. 二次加工上の注意

切削、研磨などの機械加工の場合は一般的な切削くず、研磨くずの発生による粉じん飛散に対する対応を行うことが必要です。また、溶接などその樹脂の最高使用温度を超える加熱を伴う加工の場合は熱分解生成物が発生しますので(附属資料A参照)、附属資料Bに従い換気などの措置を行ってください。代表的な二次加工の例を以下に記載します。

2.1 ライニング加工

ライニング加工には、直接ライニング基材(鋼管及び缶体をいう)に成形する方法と別工程で作られたライニング材を基材に挿入、又は接着し、継ぎ目部分がある場合は、そのライニング材の継ぎ目部分を溶接、接合あるいは接着する方法の二つがあります。

特に後者は、大きな又は複雑なライニング加工として継ぎ目部分の溶接処理を経て加工されるので、以下のような分解ガスの対策が必要です。

- (1) 室内で基材にライニング加工(溶接等)を行う場合は全体換気装置を稼動した上で作業します。できればその近傍に局所排気用のフードを設置して作業します。(附属資料B参照) この場合、作業室内が負圧にならない様に注意します。
- (2) 基材表面にライニング材を接着剤で貼り付ける場合は、有機溶剤等による中毒を防止するために、できれば有機溶剤用マスクなど適切な保護具を使用し、基材内部に新鮮な空気を送ります。
- (3) 加工する基材が比較的大きく、作業者が基材内部に身体あるいはその一部を突っ込みながら作業するときは、溶接によって発生した分解ガスの吸引を防止するため、新鮮な空気を送り、作業者には送気式マスクなどの保護具を装着させるとよいでしょう。

2.2 機械加工

旋盤又はフライス盤による切削加工、丸鋸などの機械加工は、ふっ素樹脂にとって日常的に行われる加工ですが、以下の点に注意して行うことが必要です。

- (1) 加工温度が最高使用温度を超えるおそれがある場合は換気を行います。(附属資料B参照)
- (2) 丸鋸などによる基材(板、丸棒)の切断は切削くずが飛散しますので、安全眼鏡及びマスクなどの保護具を着用します。切削くずの飛散は作業環境上にも影響しますので集じん装置を設置します。
- (3) 機械加工の作業者は作業後、作業衣等に付着した切削くずの除去に努め、喫煙によるポリマ煙熱の発生を防止します。(附属資料A、3.項参照)
- (4) 作業場所に飛散したふっ素樹脂により、滑り転倒する場合がありますため、床の清掃を十分に行います。

2.3 金属の溶接とガス切断

ふっ素樹脂ライニング製品、コーティング製品をアークやトーチで切断、溶接することは避けてください。万一、切断、溶接する場合は分解ガスが発生するので、局所排気及び送気式マスクを着用してください。(附属資料B参照)

2.4 その他の加工

上述の加工以外にチューブの曲げ、引伸ばし、異形加工などの加工を行う場合、過熱しないように留意し、作業場全体の換気を行うことが望ましいでしょう。

局所排気フードを設置し、分解ガスなどを極力吸い込むことがないよう送気式マスクを着用してください。

3. 熱処理を伴うふっ素樹脂製品の加工上の注意

3.1 ふっ素樹脂製品の溶接・融着加工

溶接・融着加工は、ふっ素樹脂製品を融点以上に加熱、加圧する作業方法のため、作業時に有害な物質が発生します。(附属資料A参照)したがって、作業時には局所排気装置を設置してください。

なお、塔・槽類内部での溶接作業などで局所排気装置を設置できない作業場所では、作業者に送気式マスクを着用してください。

3.2 ふっ素樹脂電線端部の熱加工（はんだ付け）

はんだ付け作業は、鉛中毒予防規則（昭和 47 年労働省令第 37 号、最終改正平成 24 年 4 月 2 日厚生労働省令第 71 号）該当しますので、同規則により局所排気装置又は全体換気装置を設置し、作業場所の換気を十分に行ってください。作業場所の換気が十分に行われていれば、ふっ素樹脂の分解ガスによる影響はありません。

はんだコテ温度は、300℃以上あり、鉛フリーはんだの場合は、350℃を超える設定があります。ふっ素樹脂の融点を超える温度となるため、分解ガスを吸入しないよう、換気及び送気式マスクを着用してください。

3.3 ふっ素樹脂製品のレーザー加工

レーザー加工は、レーザーが当たった場所を局所的に高熱で熔融、分解、蒸発させる作業方法のため、有害な分解ガスが発生しますので、作業場所は十分に換気を行ってください。(附属資料B参照)

4. 常温におけるふっ素樹脂製品の安全性

4.1 一般的事項

常温におけるふっ素樹脂は、生理的に不活性であり、人体に対して皮膚を刺激したり、過敏症になったりすることもなく、何ら問題はありません。

4.2 食品衛生上の安全性

(1) 米国における規格

「連邦食品医薬品化粧品法 (FFDCA: Federal Food Drug and Cosmetic Act)」の規定に基づき、米国食品医薬局 (FDA: Food and Drug Administration) が管轄しています。ふっ素樹脂を含むプラスチックに関しては、食品製造、包装、輸送、保管等に使用される物品を構成する「物質」として、「間接食品用添加物 (Indirect Food Additive)」と「食品接触物質 (FCS: Food Contact Substance)」があり、間接食品用添加物のふっ素樹脂の適用箇所を表2.1に示します。

表2.1 ふっ素樹脂のFDA適用箇所

ふっ素樹脂の種類	記載箇所
PTFE、FEP、PFA	§ 177.1550 Perfluorocarbon resins
PCTFE、ECTFE	§ 177.1380 Fluorocarbon resins
PVDF	§ 177.2510 Polyvinylidene fluoride resins

備考：連邦規則 (CFR: Code of Federal Regulation)、21章 (Title 21 “Food and Drugs”)、177条 (Part 177 “Indirect Food additives: Polymers”) に、上記の番号とタイトルで物質や試験条件などが記載されています。以下のFDAのサイトで、連邦規則21章177条を確認することができます (2012年9月現在)。

<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=177>

(2) EUにおける規格

食品と接触するプラスチック素材及び製品は、欧州委員会規則 (EU) No 10/2011 (「プラスチック施行規則」: PIM) により規制されています。

なお、2016年9月14日にプラスチック施行規則の改正 (EU No. 2016/1496) が行われ、対象物質・規制値・移行措置等アイテムごとに確認をしてください。

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R1416&from=EN>

PIMでは、これらの製品の製造に使用できるモノマー及び添加物を Annex I の Union list に一覧列挙し、使用上の条件及び制限を設けるとともに、食品に転移する成分の許容限度を規定しています。

なお、Union list に含まれていない物質でも一定の条件の下では使用可能となるものを別途規定しています。また、プラスチック素材及び製品の食品に転移する成分の

許容限度を定めています。意図される用途に応じた試験条件が選択された溶出試験を行い、食品から移行する総移行量の制限と、附属書に定められ物質についての特定移行量の制限を満足する必要があります。

参照 HP : <https://www.jetro.go.jp/world/qa/04A-041136.html>

(3) 日本の食品衛生法による試験

食品衛生法(昭和 22 年法律第 233 号)に基づく器具、容器等に関する試験は、表 2.2 に示す「食品、添加物等の規格基準 (昭和 34 年厚生省告示第 370 号)」に記載されています。(ふっ素樹脂は個別規格がないため、一般規格のみ適用されます。)

適正な加工条件で成形されたふっ素樹脂製品・コーティング製品は、いずれも前述の基準に適合することが確認されています。

表 2.2 食品衛生法に基づく合成樹脂の容器、包装等の基準

試験区分	試験項目 (一般規格)	基準値 (ppm)
材質試験	鉛	100 以下
	カドミウム	100 以下
溶出試験	重金属	1 以下
	過マンガン酸カリウム消費量	10 以下

備考 1 : 食品、添加物等の規格基準 (昭和 34 年厚生省告示第 370 号、最終改正平成 28 年 6 月 8 日厚生労働省告示第 245 号) の第 3 「器具及び容器包装」の D 「器具若しくは容器包装又はこれらの原材料の材質別規格」の 2 「合成樹脂製の器具又は容器包装」の一般規格

2 : 充填材入りふっ素樹脂製品及びディスパージョン含浸製品には、一部試験項目に適合しないものがありますので、食品用途に使用する場合は、製品メーカーに確認してください。

4.3 ふっ素樹脂中の重金属等

ふっ素樹脂中の重金属等 (Pb : 鉛、Cd : カドミウム、Cr : クロム、Hg : 水銀、PBB : ポリ臭化ビフェニル、PBDE : ポリ臭化ジフェニルエーテル) 含有に関して、協力会員であるふっ素樹脂メーカーから、純粋のふっ素樹脂中の重金属などの分析データの提供を受け、日本弗素樹脂工業会 環境委員会として、非含有証明書を発行しています。(附属資料 C 参照)

5. 廃棄物の処理

ふっ素樹脂製品は一般のプラスチックに比べ使用量及び廃棄処分される量は少ないですが、廃棄物の処分はプラスチック全般の問題であり、特に焼却による環境問題は、社会的に重大さを増しています。ふっ素樹脂製品も一般プラスチックの廃棄処分の動向にそった対策をとる必要があります。次の事項を守ってください。

(1) 産業廃棄物排出事業者は、都道府県により登録された産業廃棄物収集・運搬・処分

業者と契約を結んで、処理などの委託をします。

- (2) 処理などの委託をする場合は、産業廃棄物の分類に応じた許可を持つ業者の選択が必要となります。
- (3) ふっ素樹脂廃棄物は埋立処分を行います。(表 2.3 参照)
 ふっ素樹脂廃棄物を焼却する場合は、構造基準、維持管理基準を満たした焼却炉であって、燃焼時に発生した熱分解生成物を適切に処理できる装置が設置した場合には限ります。
- (4) その他廃棄物の収集・運搬・処分の詳細事項については「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(昭和 45 年法律第 137 号)に基づき行います。

(参考) 水性ディスパージョン(塗料など)の廃棄

ふっ素樹脂水性ディスパージョンには、F イオンが含まれており原液や洗浄液を直接、下水や河川などへ廃棄しないでください。排水基準は、「ふっ素及びその化合物」として 8mg/L の許容限度が設定されています。

表 2.3 ふっ素樹脂廃棄物埋立処分例

ふっ素樹脂 廃棄物区分	廃棄物の分類			
	安定型処分場	管理型処分場	遮断型処分場	注意事項
単体	廃プラ類			単体のふっ素樹脂は安定度が高い物質
充填材含有	廃プラ類			通常の充填材は特定有害物質を含まない
金属複合	金属くず			母体重量比率大につき、母体分類処分
化学物質 接触	廃プラ類 (洗浄処理品)	使用化学物質 区分による		使用化学物質残留の場合には、その化学物質分類で処分
毒物・劇物 接触	廃プラ類 (中和処理品)	使用化学物質 区分による	使用化学物質 区分による	使用毒物・劇物残留又は浸透残留の場合は、その物質分類で処分
医学機器	廃プラ類	感染性		病院等の医療機関からの廃棄物は特別管理産業廃棄物として処分
構造材料	母体分類			複合の場合は重量比率大の材質区分で処分
コーティング品	母体分類			母体の分類で処分

* 管理型及び遮断型の分類に属するもので、化学物質、毒物・劇物及び医薬機器に使用したふっ素樹脂は、中和又は洗浄等によって溶出されない場合には安定型廃棄物とすることができます。

6. ふっ素樹脂のリサイクル

ゴミや他樹脂などが混ざっていない、充填材（カーボン、硝子、金属など）の入っていない、PTFE のブロック端材、打ち抜きシート、旋盤屑等のスクラップは、再成形原料やプラスチック・塗料用添加剤（ルブリカント）原料用途に、有価物としてリサイクルできます。

同様に、PFA、ETFE、CTFE 等熔融タイプのスクラップも、再生ペレット用途に有価物としてリサイクルできます。

第3章 ふっ素樹脂が使われている調理器具の使用上の注意

1. ふっ素樹脂加工の調理器具

調理器具には、ふっ素樹脂加工されたものが多く使用されていますが、ここで使われているふっ素樹脂は、主に PTFE、PFA です。

これらの樹脂は、熱に対する安定性、化学的不活性及び非粘着性、滑り性の特性があるため、これらの樹脂を加工した調理器具ではこびりつかず、洗浄が容易な器具となります。

このふっ素樹脂加工の調理器具としては、フライパン、鍋、炊飯器、ホットプレート及び餅つき器などがあります。その他、耐熱塗料にふっ素樹脂を配合した加工品に、ジャーポット、グリル天板、天ぷら鍋などがあります。

2. 調理器具の使用上の注意

PTFE の使用温度の上限は 260℃です。通常調理時の器具温度は 150～190℃くらいであり、食用油を熱したとき、煙の出始める温度は約 200℃です。よって、通常の調理温度では十分安全であるといえます。

ふっ素樹脂加工調理器具は、使用開始時に“から焼き”をしないでください。また、“からだき”もしないようにしてください。

“から焼き”や“からだき”をした場合は、260℃を超える高温となり、他のプラスチック同様に分解ガスが発生しますので、火を消すとともに速やかに温度を下げて換気をしてください。また、器具に説明されている所定の使用目的以外に使用しないようにしてください。

3. 電磁調理器（IH キッキングヒータ）について

電磁調理器は特殊な加熱方式のため、次のような使用上の問題点が指摘されています。電磁調理器を使用する際に最大火力で予熱や“からだき”をすると、鍋底の温度が短時間で急激に上昇し高温になります。また、推奨されている鍋を使用しなかったり、鍋が平らでなかったりした場合には正確な温度を感知できず過熱するおそれがあります。さらに、底が薄いものや反っているフライパン、鍋を強火で予熱すると赤熱することがあり、調理器具がヒータからずれていたりすると局部的に温度が高くなることなどが報告されています。

電磁調理器には過熱防止機能やずれ感知機能がついており、安全性に配慮が払われていますが、安全に使用できる調理器具には材質、形状、重量などの制約がありますので、電磁調理器や調理器具の取扱説明書をよくお読みの上、正しくお使いください。

特にふっ素樹脂加工された調理器具を使用する際には、最大火力での加熱を極力避け、予熱や“からだき”はしないでください。

4. ヒトに対する影響

内閣府食品安全委員会では、食品の安全性に関して、ファクトシート（*）（科学的知見に基づく概要書）を作成して公表しています。

フッ素樹脂については、「ヒトに対する影響」を以下のとおり公表しております。

国際がん研究機関（IARC）による評価（1987年）では、PTFEについて、グループ3「ヒトに対する発がん性について分類できない」とされています。フッ素樹脂自体の経口摂取に関する健康影響の報告は見当たりません。調理器具からはがれ落ちたコーティングの薄片を飲み込んだとしても、体に吸収されず体内をそのまま通過し、ヒトの体にいかなる毒性反応も引き起こさないとされており、動物実験でも、PTFEを25%含む飼料を90日間与えたラットでは有害な影響は見られなかったと報告されています。一方で、PTFEを加熱し過ぎた際に生じる熱分解生成物を吸引すると高い毒性が示されていることが報告されています。PTFEの場合、315～375℃で加熱した時の生成物を吸引した場合にインフルエンザに似た症状を示すとされています。

*ファクトシート：フッ素樹脂（概要）《作成日：平成24年6月14日》

《最終更新日：平成24年11月19日》

【参考】

PFOS、PFOAについて

1. PFOS について

PFOS とはパーフルオロオクタンスルホン酸及びその塩のことをいいます。PFOS は欧州で使用禁止となっており、国内では2010年の「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」(昭和48年法律第117号)(化審法)改正に伴い、第一種特定物質に指定され、規制の対象となっております。

当工業会会員で取り扱っているふっ素樹脂及び製品では、PFOS を使用していません。

2. PFOA について

「PFOA」といった場合は、パーフルオロオクタン酸及びその塩(特にアンモニウム塩)を含むものをいいます。このPFOAは主にふっ素樹脂製造時の反応助剤(重合乳化剤)、一部のふっ素樹脂ディスパージョンやふっ素樹脂塗料の界面活性剤として使用されています。

PFOAは、化審法の旧第二種監視物質、特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(平成11年法律第86号)(PRTR法)の第二種指定化学物質(PFOAのある種類)に該当していますが、国内の大気汚染防止法、労働安全衛生法等の適用対象物質にはなっていません。また、欧米においても、法規制の対象となっていません。

2006年1月25日に米国EPA(環境保護庁)長官が世界のふっ素樹脂メーカーとテロマーメーカー8社に呼びかけた2010/2015PFOAスチュワードシッププログラムですが、日本においてはふっ素樹脂及びテロマー製品のメーカーである旭硝子、ダイキン工業、及びふっ素樹脂メーカーである三井・デュポンフロロケミカルの3社が参加し、PFOA排出削減の取組を進めてまいりました。

その結果、ふっ素樹脂製品に関しては、国内外において2013年末までにPFOAの使用を全廃いたしております。

詳細は、各社のホームページを参照ください。

- ・旭硝子(株)

<http://www.agc.com/csr/env/products/12.html>

- ・ダイキン工業(株)

<http://www.daikin.co.jp/chm/business/pfoa.html>

- ・三井・デュポンフロロケミカル(株)

<http://www.md-fluoro.co.jp/corporate/eco/index.html>

お問合せ先

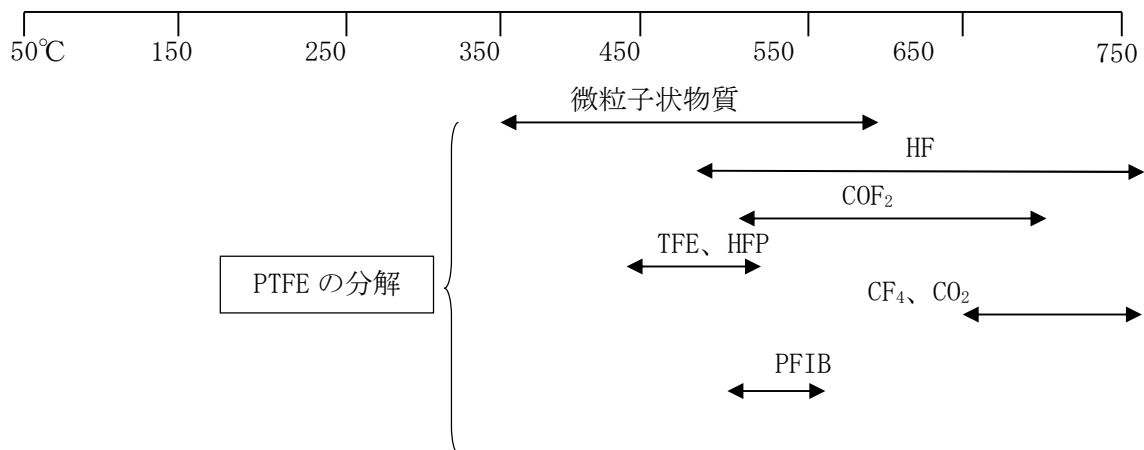
- ・旭硝子(株) 化学品カンパニー フッ素化学品事業部 Tel. (03) 3218-5496
- ・ダイキン工業(株) 営業部 Tel. (06) 6373-4345
- ・三井・デュポンフロロケミカル(株) 樹脂営業部 Tel. 050-3823-0670

1. 熱分解生成物について

ふっ素樹脂のうち、PTFE に関しては、空气中、不活性ガス中における熱分解生成物に関する文献が多数認められます。まれに PFA、FEP についての文献もありますが、ETFE、PCTFE、ECTFE、PVDF、PVF に関する熱分解生成物の文献は現段階で見当たりません。融点が 250°C 以上の PTFE、PFA、FEP、ETFE については、水素、炭素、ふっ素、酸素が組成ですので、PTFE の熱分解生成物と同等と見なしても差し支えないと考えますが、PCTFE、ECTFE については、塩素が含まれるため、熱分解生成物は推測できず、また、融点の低い PVDF、PVF に関して、どの温度レベルで PTFE と同様な熱分解生成物が発生するか不明です。

下図は、R. S. Warit「An Industrial Approach to Evaluation of Pyrolysis and Combustion Hazards」(1975) を基に、その他文献を参考にまとめたものであり、PTFE の熱分解生成物を見る上で参考となるでしょう。

なお、PTFE を約 480°C に加熱した場合は、微粒子状物質と HF を主成分とするガス状の物質が発生します。500°C 以上への加熱では、更に、極めて毒性の強い PFIB 等のガス状物質が発生します。(Lee&Seidel, 1991; Warit&Kwon, 1968; Makuiova, 1965) ただし、FEP を熱分解したとき、400°C 以上で PFIB が発生する可能性があり、PTFE 以外のふっ素樹脂についての HF は 460°C 未満で発生する可能性があることに留意する必要があるでしょう。



- * TFE : 四ふっ化エチレン (430°C 以上で発生)
- HFP : 六ふっ化プロピレン (440°C 以上で発生)
- HF : ふっ化水素 (460°C 以上で発生)
- PFIB : パーフロイソブチレン (470°C 以上で発生)
- COF₂ : ふっ化カルボニル (500°C 以上で発生)
- CF₄ : 四ふっ化炭素 (640°C 以上で発生)

2. 熱分解生成物の毒性

主な熱分解生成物の毒性は、次のとおりです。

- ・ 微粒子状物質の毒性は、サイズ分布によって影響するといわれて、発生直後は、粒子数中央径 15～20nm のナノサイズ分布であったものが、数分後には凝集して 100nm 以上のサイズ分布に移行し、凝集したものは、発生直後の微粒子に比べて毒性を著しく喪失させるといわれています。
- ・ TFE は、毒性が低い。(LC₅₀^{注1} : ラット吸入 40,000ppm/4 時間)
- ・ HFP は、毒性が低い。(LC₅₀ : マウス吸入 750ppm/4 時間)
- ・ HF は、毒性が高い。(LC₅₀ : ラット吸入 1,276ppm/1 時間)
- ・ PFIB は、微量でも毒性は極めて高い。(LC₅₀ : ラット吸入 17ppm/10 分)
- ・ COF₂ は、毒性が高い。(LC₅₀ : ラット吸入 360ppm/1 時間)
- ・ CF₄ は、毒性が低い。(LCLo^{注2} : ラット吸入 895,000ppm/15 分)

注 1 : LC₅₀ とは、ラット 100 匹中 50 匹を死亡させる致死濃度です。

注 2 : LCLo とは、最低致死濃度です。

3. 熱分解生成物の人体に対する影響

熱分解生成物の人体に対する影響には、今日まで人体で経験され、観察された症状として「ポリマ煙熱」(ポリマヒューム熱 : polymer fume fever) があります。

- (1) ふっ素樹脂の熱分解生成物を長時間吸入した場合、あるいは短時間でも濃厚な熱分解生成物を吸入した場に起こりますが、原因となる熱分解生成物は確認されておられません。推測として、微粒子状物質 (particulate) と考えていますが、動物実験でこの症状を再現することはできません。

この症状は、樹脂の成形加工などにおいて、420℃までの高温のふっ素樹脂ポリマから発する蒸気を不用意に吸入した場合、ふっ素樹脂が付着しているたばこを気付かずに吸った場合などに起こります。

- (2) 「ポリマヒューム熱」は、「金属熱 (metal fume fever)」(溶接工その他金属工にみられる金属性蒸気のために起こる発熱) として知られている症状に似た、インフルエンザ状の発熱を来しますが、個人差があります。この症状は、ばく露後、数時間して起きますが、特別な手当をしなくても、48 時間以内で消滅し、後遺症を残さず蓄積もしません。アレルギー体質の方には、症状が長引くことがあります。

参考文献 : Hamaya et al. Journal of Medical Case Reports (2015) 9:111

Polytetrafluoroethylene fume-induced pulmonary edema: a case report and review of the literature

- (3) 万一、この症状を来した場合は、新鮮な空気の部屋で暖かく安静にし、もし、悪寒がひどいようなら医師による酸素吸入の処置をとってください。

医師への受診時には、原因と思われる製品の SDS を提示してください。

ふっ素樹脂を高温度で安全に取り扱うキーポイントは、換気という単純な一言に尽きるといっても過言ではありません。必要換気量は、分解速度が極めて低い点から、他の加熱された有機化合物の場合よりむしろ少なくてすみます。また、取扱量が少なければ、例え加熱されても自然換気で十分な場合が多く存在します。

高温において、既存の換気設備が適当かどうかは、取り扱う樹脂の量、温度、ばく露時間等の要素の組合せによります。ふっ素樹脂の加熱作業（成形加工、溶接など）を行う場合は、排気ガスを取り除くため、適切な換気を行うことが必要です。

表 B.1 に通常行われる作業の分類例と各々必要な捕集速度を示し、また、表 B.2 にフードのタイプと排気量の計算を示します。

表 B.1 各種作業における必要な捕集速度

分類	作 業 例	捕集速度 V(m/s)
1	ふっ素樹脂（パウダ、ペレット）の乾燥 パウダやディスパージョンでの溶剤や水分等の蒸発	（下限）（上限） 0.25～0.50
2	ディスパージョンやパウダのスプレーコーティング ペレットやパウダの定常ブレンド作業 大型ピレットの成形と焼成	0.5～1.0
3	電線被膜、チューブ成形の溶融押し出しやペースト押し出し 成形の押し出し焼成 射出成形やトランスファ成形	1.0～2.5
4	成形部品の研磨や機械加工 ふっ素樹脂パウダの乱流域でのミキシング	2.5～10.0

（注）推奨換気速度における下限値／上限値についての目安を下記に示します。

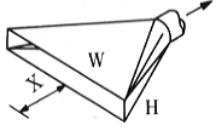
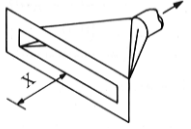
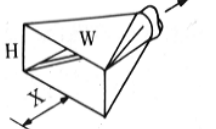
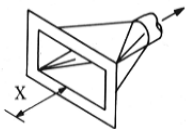
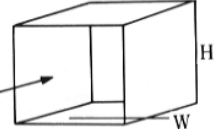
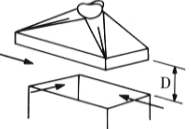
下限値

1. 室内の空気の流れが弱いなどの捕集に都合の良い場合
2. 断続的で生産量の少ない場合
3. フードが大きい場合（大量の空気の流
れがあるから）

上限値

1. 室内の空気の流れが乱れている場合
2. 生産量が多く、高稼働運転の場合
3. フードが小さい場合（局部だけしかコ
ントロールがきかないから）

表 B.2 フードのタイプと排気量の計算

No.	フードの形状	分類	アスペクト比 (H/W)	排気風量 (m ³ /s)
1		スロット式	0.2 以下	$Q=3.7V \cdot W \cdot X$
2		フランジ付き スロット式	0.2 以下	$Q=2.8V \cdot W \cdot X$
3		開口式	0.2 を超える	$Q=V \cdot (10X^2+H \cdot W)$
4		フランジ付き 開口式	0.2 以上又は円筒状	$Q=0.75V (10X^2+H \cdot W)$
5		ブース式	現物合わせ	$Q=V \cdot H \cdot W$
6		天蓋式	現物合わせ	$Q=1.4V \cdot D \cdot P$

V=フードの面から X の距離における中心までの速度 (m/s) (表 B.1 の V 値)

X=分解物の発生源からフード面までの距離 (m)

Q=排気風量 (m³/s)

W=フード開口部の長可方向の幅 (m)

H=フード開口部の短可方向の幅 (m)

D=装置の上面からフードまでの高さ (m)

P=装置の周辺の長さ (m)

[参考] 排気量の計算例：電線被覆押出しの場合

開口部の断面積 0.05m^2 の No. 3 のフード（開口式）を使用することにします。

押出機の噴出口の上方、 0.15m の高さにこのフードを据付け、 1m/s の捕集速度が必要だと仮定します。このフードの面で発生するガス全てを取り除くためには、以下の計算から得られるように $0.28\text{m}^3/\text{s}$ の排気量が必要です。

$$Q=V(10X^2+H \cdot W)=1 \times \{10 \times (0.15)^2+0.05\}=0.275 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

上記の式でガス発生源からフード面までの距離 X は、 Q に対して 2 乗で効いていますので影響は大となります。すなわち、 X の値を $1/2$ にすれば排気量は、半分以下の $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$ で済みますが、2 倍になると実に $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、これは $0.275 \text{ m}^3/\text{s}$ の約 3.5 倍の排気量が必要となり、不経済です。

局所排気装置設置の届出などは、労働安全衛生法などを御参照ください。

ふっ素樹脂中の重金属のデータを表 C.1 に、PBB、PBDE の分析データを表 C.2 に示します。

表 C.1 純粋のふっ素樹脂中の重金属の分析データ一覧表

(ふっ素樹脂メーカー提供)

ふっ素樹脂名	分析データ (ppm)				分析方法	製造会社名
	Pb	Cd	Cr	Hg		
PTFE	<5	<5	<5	<5	ICP-AES 法、 ICP-MS 法 原子吸光法、 紫外-可視分光法	三井・デュポンフロロケミカル、 ダイキン工業、 旭硝子
FEP	<5	<5	<5	<5	ICP-AES 法、 原子吸光法	三井・デュポンフロロケミカル、 ダイキン工業
PFA	<5	<5	<5	<5	ICP-AES 法、 原子吸光法、 紫外-可視分光法	三井・デュポンフロロケミカル、 ダイキン工業、 旭硝子
ETFE	<5	<5	<5	<5	ICP-AES 法、 原子吸光法、 紫外-可視分光法	ダイキン工業、旭硝子
PCTFE	<5	<5	<5	<5	ICP-AES 法、 原子吸光法	ダイキン工業
PVDF	<5	<5	<5	<5	ICP-AES 法、 原子吸光法、 紫外-可視分光法	ダイキン工業、クレハ

注 1) 前処理は、樹脂中の金属を完全に抽出できる方法で行いました。

注 2) 分析データは、分析方法により定量下限が異なるため、定量下限が最大のものを使用しました。

注 3) 分析機関は、(株)三井化学分析センター、(株)クレハ分析センター、(株)松下テクノリサーチ、SGS ジャパン(株)グリーンテストセンターです。

表 C.2 純粋のふっ素樹脂中の PBB、PBDE の分析データ一覧表

(ふっ素樹脂メーカー提供)

ふっ素樹脂名	分析データ (ppm)		分析方法	製造会社名
	PBB	PBDE		
PTFE	Br-<5 <5	Br-<5 <5	Br-のイオンクロマトグラフ法 GC-MS	三井・デュポンフロロケミカル、 ダイキン工業、旭硝子
FEP	Br-<5 <5	Br-<5 <5	Br-のイオンクロマトグラフ法 GC-MS	三井・デュポンフロロケミカル、 ダイキン工業
PFA	Br-<5 <5	Br-<5 <5	Br-のイオンクロマトグラフ法 GC-MS	三井・デュポンフロロケミカル、 ダイキン工業、旭硝子
ETFE	<5	<5	GC-MS	ダイキン工業、旭硝子
PCTFE	<5	<5	GC-MS	ダイキン工業
PVDF	<5	<5	GC-MS	ダイキン工業、クレハ

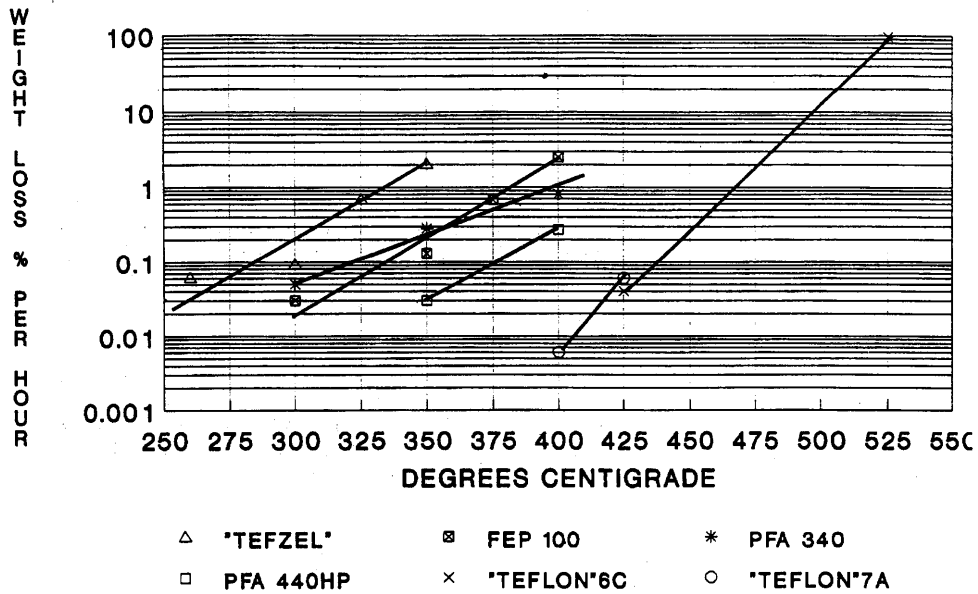
注) 分析データは、表 C.1 の注記と同様です。

ふっ素樹脂の重量損失について

1. 空気中で加熱した時の重量損失% (SPI)

SPI(米国プラスチック工業協会)発行「ふっ素樹脂安全取扱ガイド」記載温度と重量損失%/時間の関係を下図に示します。

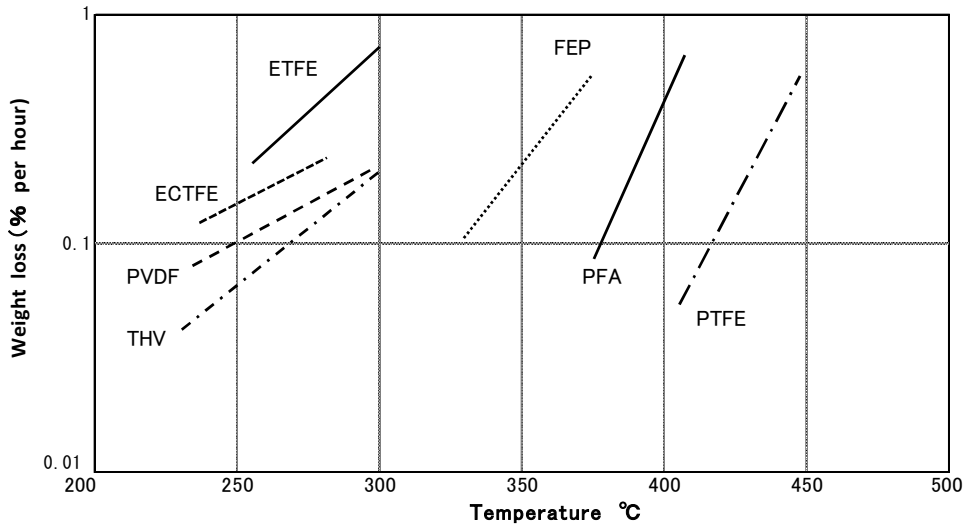
なお、TEFZEL[®]は、ETFEの商品名であり、TEFLON[®]6Cは、PTFEファインパウダの商品名、TEFLON[®]7Aは、PTFEモールディングパウダの商品名です。



2. 空気中で加熱したふっ素樹脂の重量損失 (Plastics Europe)

Plastics Europe (欧州プラスチック製造者協会)発行「ふっ素樹脂の安全取扱ガイド」記載のふっ素樹脂の温度と重量損失の関係を下図に示します。

なお、下図中のTHVはテトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロペン-ビニリデンフルオロライドコポリマです。



※上記1. 及び2. の図の掲載について、快く許可していただいたSPI及びPlastics Europeに対し、謝意を表します。

ふっ素樹脂製品取扱マニュアル編集委員（環境委員会）

委員長	田 中 義 信	東邦化成（株）
委 員	橋 本 宗 典	（株）喜多村
	岩 田 恵 介	中興化成工業（株）
	大川戸 史 子	ニチアス（株）
	小 澤 政 彦	日星電気（株）
	山 根 啓 二	日建塗装工業（株）
	高 橋 正 明	日建塗装工業（株）
	島 崎 昭 夫	日本ピラー工業（株）
	中 西 智 昭	日本フッソ工業（株）
	川 寄 誠 史	日本フッソ工業（株）
	竹 山 亮	（株）フロロコート
	関 根 洋 文	淀川ヒューテック（株）
	井 手 哲	ダイキン工業（株）
	松 田 信 昭	三井・デュポンフロロケミカル（株）
	鈴 木 啓一郎	（株）クレハ
	臼 井 智	（株）クレハ
	大 坂 公 爾	旭硝子（株）
	高 木 慶 太	旭硝子（株）

ふっ素樹脂製品取扱マニュアル

発 行 2017年（平成29年）3月（改訂10版）

編 者 **JFIA** 日本弗素樹脂工業会・環境委員会

発行所 日本弗素樹脂工業会
〒101-0054 東京都千代田区九段北1-7-5
（九段飯田ビル3階）

TEL: 03-6272-4579 FAX: 03-5226-2344

URL: <http://www.jfia.gr.jp/>

E-mail: mail@jfia.gr.jp



[禁無断転載]